

## **800\_102 Grundsätze der Projektierung und Ausführung**

### **1. Zielsetzung**

Die Projektierung und Ausführung von Kunstbauten haben den Regeln der Baukunde und dem Stand der Technik entsprechend sowie möglichst kosteneffizient mit dem Ziel einer langen Nutzung bei geringem Unterhalt zu erfolgen.

### **2. Projektierungsgrundsätze**

#### **Konzept**

Bewährte Konzepte bürgen normalerweise für die Qualität der Kunstbauten. Erprobte Lösungen müssen jedoch unter Berücksichtigung der lokalen Verhältnisse (Topographie, Geologie, Umwelt) auf ihre Verlässlichkeit überprüft und an Sonderfälle angepasst werden (Nutzung, Klima, besondere Einwirkungen, besondere Vorschriften des Bauherrn).

Innovative Lösungen sucht man in der Regel (i. d. R.) bei Aufgaben, für welche übliche Lösungen nicht befriedigend sind.

#### **Nachhaltigkeit**

Eine nachhaltige Entwicklung der Kunstbauten ist ein zentrales Anliegen des Kantons Luzern. Dieses Thema ist in der Projektierung der Kunstbauten zu berücksichtigen. Es gelten dabei die Vorgaben des Entwicklungszentrums Nachhaltigkeit.

#### **Robustheit**

Die Kunstbauten sind grundsätzlich robust zu gestalten. Unter Robustheit wird die Fähigkeit eines Bauwerks und seiner Bauteile verstanden, Schädigungen oder ein Versagen auf Ausmasse zu begrenzen, die in einem vertretbaren Verhältnis zur Ursache stehen. Mögliche Ursachen sind kurzzeitige Abweichungen von der vereinbarten Nutzung, Ausführungsungenauigkeiten, Schädigungen usw.

Um dies zu erreichen, sind prinzipiell duktile Tragwerke verlangt und eine generelle Mindeststärke bei Betonbauteilen von 35 cm verlangt.

#### **Dauerhaftigkeit**

Die Erfüllung der Anforderungen an die Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit ist im Rahmen der vorgesehenen Nutzung und der vorhersehbaren Einwirkungen zu gewährleisten.

#### **Konstruktive Einzelheiten**

Gut ausgearbeitete Details und die konstruktive Durchbildung sind für das Verhalten der Bauwerke und deren Dauerhaftigkeit von grösster Bedeutung. Sie müssen vom Konzept und ihrer

Ausgestaltung (Form, Material, Ausführung) durchdacht sein und ihre Machbarkeit muss in der Projektierungsphase durch Darstellungen in geeignetem Massstab überprüft werden.

### **Berücksichtigung des Unterhalts**

Die Kunstbauten sollen im Hinblick auf einen kostengünstigen Unterhalt projektiert werden. Dies erfordert eine gesamtwirtschaftliche Sicht, welche die Betreiber- und die Benutzerkosten berücksichtigt.

### **Zukunftsorientierte Nutzung**

Bei der Erarbeitung der Nutzungsvereinbarung sind auch Überlegungen zu einer möglichen erweiterten zukünftigen Nutzung anzustellen. Die Zweckmässigkeit von vorbereitenden Massnahmen (z. B. für eine spätere Verbreiterung) ist zu beurteilen.

### **Ästhetik**

Die Kunstbauten prägen das Landschaftsbild. Sie sind deshalb objekt- und abschnittsweise ästhetisch zu gestalten und optimal in die Umgebung einzupassen. Diese Aufgabe stellt hohe Anforderungen an die gestalterischen Fähigkeiten des Projektverfassers. In besonders anspruchsvollen Fällen kann eine Beratung durch einen Architekten erfolgen. Die Anforderungen an die ästhetische Qualität sind in der Nutzungsvereinbarung zu formulieren.

### **Bauwerke mit permanenten vorgespannten und ungespannten Ankern**

Als Grundsatz gilt, dass nach Möglichkeit auf verankerte Bauwerke verzichtet werden soll. Verankerte Bauwerke kommen dann zur Anwendung, wenn Alternativen fehlen oder nicht wirtschaftlich sind. Die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit und Risiken sind in einem Variantenvergleich gegenüberzustellen. Dabei sind die Überwachung und der Unterhalt über die geplante Nutzungsdauer zu berücksichtigen.

Es gelten die aktuellen Normen SIA 267 Geotechnik und SIA 267/1 Geotechnik - Ergänzende Festlegungen.

### **Permanente ungespannte Anker**

Für permanente ungespannte Anker ist i. d. R. eine Nutzungsdauer von 100 Jahren festzulegen. Die Korrosionsgefährdung ist in Zusammenarbeit von Projektverfassenden und Geologen zu bestimmen. Sind die Schutzstufen 2 oder 3 erforderlich, sind Anker der Schutzstufe 2b bzw. 3b mit nichtrostenden Stählen der Korrosionswiderstandsklasse 1 bzw. 3 oder höher auszuführen. Auf Anker der Schutzstufen 2a oder 3a ist zu verzichten.

### **Permanente vorgespannte Anker**

Für permanente vorgespannte Anker ist i. d. R. eine Nutzungsdauer von 100 Jahren festzulegen. Sämtliche Anker müssen gemäss Norm SIA 267 Geotechnik mit einem umfassenden Korrosionsschutz versehen sein.

Zur Anwendung dürfen nur vorgespannte Ankersysteme kommen, die im „Register der Ankersysteme mit Eignungs- und Konformitätsnachweis nach Norm SIA 267 für die Anwendung in der Geotechnik in der Schweiz“ des SIA eingetragen sind.

Hinweise zu den Versuchsankern:

- Versuchsanker sind zur Ermittlung des erreichbaren Tragwiderstandes, der erforderlichen Verankerungslänge sowie zur Festlegung der Prüfkriterien für die Bauwerksanker i. d. R. vorgängig (mindestens vor Ausführung der restlichen Anker, besser vor Submission) auszuführen.
- Versuchsanker können unter Umständen als Bauwerksanker verwendet werden.

- Die Versuchsanker sollen auf einer Prüfkraft geprüft werden, die dem erforderlichen Tragwiderstand der Bauwerksanker entspricht, weshalb i. d. R. ein stärkeres Spannglied als bei den Bauwerksankern erforderlich ist.

Kontrollanker und Messanker (normal oder regulierbar):

- Mindestens 5 % oder drei Anker pro Bauteil müssen als Messanker ausgebildet werden.
- Die Kraftmessdosen müssen ersetzbar sein.
- Messanker sind i. d. R. sowohl für die Messung der Ankerkräfte als auch der elektrischen Widerstände auszurüsten.

Anforderungen für vorgespannte Anker:

- Ankerplatte und Ankerdurchführung müssen feuerverzinkt oder Duplex-Pulverbeschichtet (Feuerverzinkung und Lack) sein.
- Schutzhauben müssen mindestens ein Loch im Tiefpunkt aufweisen und feuerverzinkt oder Duplex-Pulverbeschichtet sein. Feuerverzinkte Schutzhauben müssen innen zusätzlich mit einer Epoxidharzbeschichtung versehen werden. Zulässig sind auch Schutzhauben aus Polyethylen (PE).

Mit der Bestellung der Anker ist festzulegen, ob die Anker einfach oder mehrfach nachinjizierbar sein müssen.

Mit der Bauherrschaft sind die Führung und der Schutz der Messkabel für die Kraftmessdosen sowie für die Widerstandsmessung abzusprechen. I. d. R. sollen die Kabel zu einem oder mehreren verschliessbaren Messkasten geführt werden, die für die Auslesung gut zugänglich sind. Die Kraftmessdosen müssen zusätzlich mit einem Blitzschutz ausgerüstet werden.

Der Endsteckdosenkasten muss aus UV-beständigem Kunststoff hergestellt sein und an der Untersicht mindestens zwei Löcher mit Fliegengitter für genügende Luftzirkulation und Abfluss Kondenswasser aufweisen.

### **Mikropfähle**

Für druckbeanspruchte Mikropfähle sind i. d. R. Pfähle mit ROR-Profilen mit einer Zementmörtelüberdeckung von mindestens 40 mm zu verwenden.

### **Vorspannung**

Betonbrücken mit einer Feldspannweite > 15 m sind vorzugsweise vorzuspannen.

### **Brücken mit Spannweiten ≤ 15 m**

Einfeldrige Betonbrücken mit Spannweiten ≤ 15 m sind mit einem Kofferaufbau von mindestens 40 cm zu erstellen.

### **Wellstahldurchlässe**

Wellstahldurchlässe sind nur bei einer Nutzungsdauer von ≤ 50 Jahren zugelassen.

### **Betonbrückenabdichtung**

Die Abdichtung von Betonbrücken erfolgt mit einem Haftvermittler (Hessesiegel) auf zwei Komponenten Epoxidbasis (Grundierung/Versiegelung). Ein Haftvermittler auf Polymethylmethacrylat Basis (PMMA) ist nur in Ausnahmefällen zugelassen und muss begründet werden. Auf dem Haftvermittler folgt eine Polymerbitumen-Dichtungsbahn (PBD) und mindestens eine Schutzschicht aus Gussasphalt. Es ist vorzugsweise ein dreischichtiger Gussasphalt zu erstellen (System PBD#1).

### **Gefällsverhältnisse Brücken**

Die Oberfläche von Brücken (OK Betonkonstruktion) soll mit einem einheitlichen Gefälle ohne Absätze ausgebildet sein, so dass eine spätere Änderung des geometrischen Normalprofils möglich ist. Die Schutzschicht (MA) ist über die gesamte Brücke zu erstellen. Randsteine sind auf die Schutzschicht zu kleben. Allfällige Aufdoppelungen für Gehwege sind in Gussasphalt zu erstellen. Das Längsgefälle der Betonoberfläche soll mindestens 1,5 % betragen. Für Brückenplatten ohne Überdeckung soll nebst einem Längsgefälle ein Fallliniengefälle von mindestens 2,5 % erreicht werden.

Masstoleranzen und Verformungen sind dabei zu berücksichtigen.

### **3. Entwurf**

Der Entwurf soll, ausgehend von den Nutzungsanforderungen, zu einem geeigneten Tragwerkskonzept führen. Die Auflistung der Anforderungen ist in der Nutzungsvereinbarung festzuhalten. Die Nutzungsvereinbarung ist ausschlaggebend für das Erreichen der Ziele und der angestrebten Qualität. Die sich aus dem Entwurf ergebenden Grundlagen und Anforderungen für die weitere Projektierung, Ausführung, Nutzung und Erhaltung sind in der Projektbasis festzuhalten.

#### **Nutzungsvereinbarung**

Siehe separate Richtlinie (RL)

#### **Projektbasis**

Siehe separate RL

#### **Tragwerkskonzept**

Das Tragwerkskonzept enthält:

- wesentliche Aussagen zur Form sowie zum Trag- und Lagerungssystem der Kunstbauten
- Angaben zu den Abmessungen, Baustoffen und konstruktiven Details
- Hinweise zu den vorgesehenen Bauverfahren

Das Tragwerkskonzept ist i. d. R. das Ergebnis eines Variantenstudiums. Hierfür werden verschiedene Varianten im Hinblick auf Erfüllung der Nutzungsvereinbarung und Entwurfsrandbedingungen untersucht.

### **4. Konstruktive Ausbildung/Vorgaben für die Ausführung**

Das Konzept des Bauwerks und deren konstruktiven Einzelheiten basieren im Allgemeinen auf:

- den Normen der Berufsverbände SIA und VSS
- den kantonalen Richtlinien und Vorschriften

#### **Fahrbahnübergänge**

Die Anzahl der Fahrbahnübergänge und der Lager sind auf das durch das Tragwerkskonzept, die Gebrauchstauglichkeit und die konstruktiven Gegebenheiten bestimmte Minimum zu beschränken. Integrale Bauweisen sind zu prüfen und zu bevorzugen. Sind Fahrbahnübergänge erforderlich, müssen diese möglichst einfach inspiziert, unterhalten und ersetzt werden können. Abdeckbleche über dem Konsolkopf sollten vermieden werden.

### **Ankerkopfdetail bei ungespannten Ankern**

Mit geeigneten Massnahmen (z. B. Schalung, Rohr) ist zu gewährleisten, dass der Injektionsmörtel im ganzen Bohrloch den Anker umschliesst. Auch im Kopfbereich, wo das Füllen infolge der Neigung und des Freispiegels des Injektionsmörtels ohne Massnahme (Schalung) nicht gewährleistet ist.

Bei Fundamenten ist durch geeignete Massnahmen wie z. B. ein Pfahlhals-Schutzrohr sicherzustellen, dass eine lückenlose Umhüllung des Zugglieds mit Zementmörtel bis an den Konstruktionsbeton gewährleistet ist und dass das Zugglied beim Freilegen des Pfahlkopfs nicht beschädigt wird. Eine Umhüllung mit Magerbeton ist als Korrosionsschutz nicht ausreichend.

### **Permanente vorgespannte Anker**

- Spezielle Vorschriften beim Einbau der Anker

Bohren und injizieren:

Im Lockergestein und im nicht standfesten Fels sind die Bohrungen verrohrt auszuführen. Der Bohrl Lochdurchmesser ist so zu wählen, dass die geforderte Überdeckung des Ankers mit Injektionsgut auf der ganzen Länge gewährleistet ist.

Bohrtoleranz:

I. d. R. ist zuerst das Bauwerk mit Ankerstützen zu erstellen und dann zu bohren. Die Abweichung vom rechten Winkel zwischen Bohrlochachse und Ankerkopfauflage darf nicht grösser sein, als das bei der Eignungs- und Konformitätsprüfung für das System als zulässig erkannte Mass.

Prüfungen vor Einbau der Anker:

Die Ermittlung des Wassergehaltes vom Injektionsgut muss durch Prüfung erfolgen und ist als  $w/z$ -Wert bzw.  $w/z_{eq}$ -Wert anzugeben.

Vor dem Einbau von vorgespannten Ankern in klüftigem Fels wird eine Wasserdichtigkeitsprüfung gemäss SIA 267/1 durchgeführt. Werden die Anforderungen nicht erfüllt, ist das Bohrloch mit Injektionsgut zu füllen und danach wieder aufzubohren. Das Vorgehen wird wiederholt, bis die Dichtigkeit des Bohrlochs den Anforderungen genügt.

Bei Verankerungen im Fels sind für die Verifikation der Felsqualität im Leistungsverzeichnis Aufnahmen des Bohrlochs mittels einer Bohrlochkamera vorzusehen. Sie erfolgen bei Unsicherheiten auf Anweisung der Bauleitung. Die Wasserdichtigkeitsprüfungen und Konsolidationsinjektionen haben gleichentags wie die Bohrung der Verankerungslänge zu erfolgen.

Nachinjektionen nach Einbau der Anker:

Die Primärinjektion ist vor und während dem Rückzug der Verrohrung auszuführen. Die Injektion muss mit einem Injektionsrohr von unten nach oben erfolgen.

Eine allfällige Nachinjektion ist am Tag nach der Primärinjektion bzw. der vorangehenden Nachinjektion durchzuführen.

- Lagerung und Transport auf der Baustelle

Die Anker sind auf einem ebenen, sauberen Platz zu lagern. Wenn keine Lagerpritsche erstellt wird, ist durch geeignete Unterlagen (z. B. Kanthölzer) sicherzustellen, dass die Anker nicht auf dem Boden liegen. Auf den Ankern dürfen keine anderen Materialien gelagert werden. Der Deponieplatz ist abzuschranken. Diese Anforderungen gelten auch für die Zwischenlagerung der Anker bei der Einbaustelle.

Beim Transport zur Einbaustelle sind die gleichen Schutzmassnahmen zu treffen wie bei der Lieferung der Anker.

Wintermassnahmen bei Temperaturen unter 5° C sind in den besonderen Bestimmungen zu beschreiben und im Leistungsverzeichnis auszuschreiben (Lagerung der Anker beheizt und Vorwärmen des Anmachwassers für das Injektionsgut).

- Einbau der Anker

Die Einbauvorschriften der Ankerhersteller sind umzusetzen.

Bei den Reservestandorten werden i. d. R. die äusseren Ankerstutzen (Ankerdurchführungen) vorsorglich einbetoniert. Sie sind mit Zementmörtel zu verfüllen, die Platte und mindestens die ersten 5 cm des äusseren Ankerstutzens müssen korrosionsgeschützt sein. Mit einem Abdeckblech ist das Flanschblech vollständig oder der Bereich der Ankernische abzudecken und zu schützen. Das Abdeckblech ist aus nichtrostendem Stahl, dunkel und nicht reflektierend auszubilden.

### **Prüfungen von vorgespannten Ankern auf der Baustelle – Tragfähigkeit**

Die Prüfung der Tragfähigkeit von vorgespannten Ankern erfolgt mit Ankerversuchen und Spannproben.

Pro Untergrundbereich mit vergleichbaren geotechnischen Eigenschaften sind i. d. R. drei Ankerversuche auszuführen.

Die Verankerungslängen von Felsankern sollen i. d. R. in den gesunden Felsen eingebunden werden. Die Prüfung der Felsqualität erfolgt durch den Geologen durch Aufnahme des Bohrguts oder bei Unklarheiten mittels Bohrlochkamera.

Qualitätsprüfungen der äusseren Injektionen und der Hüllrohre:

- Beim Einbau des ersten Ankers und in der Folge bei jedem 50. Anker ist eine Prüfung des Injektionsgutes gemäss Norm SN EN 445 (2007) und SN EN 446 (2007) von einem ausgewiesenen zertifizierten Materialprüflabor durchzuführen.
- Ausführungsqualität und Tragwiderstand der Anker werden mit Spannproben geprüft. Alle Messanker und mindestens 10 % der weiteren Anker werden ausführlichen Spannproben unterzogen. Die übrigen Anker werden mit einfachen Spannproben geprüft. Die Prüfkraft ist vom Projektverfasser zu definieren, die Beobachtungszeit auf den Kraftstufen ist auf mindestens 15 Minuten festzulegen. Kürzere Beobachtungszeiten sind nicht zugelassen.
- Bei sämtlichen Ankern ist der Korrosionsschutz zu prüfen (ERM I). Für die Messung muss der Pluspol des Messgerätes an die sauberen Ankerlitzen angeschlossen werden. Für die Überwachung des elektrischen Widerstands bei den Messankern dient die Bewehrung der Fahrbahnplatte (oder gleichwertig) als Erdungsanschluss. Entsprechende Einlagen (sogenannte Flury-Anschlüsse) an der Untersicht der Fahrbahnplatte sind bei jedem Messanker vorzusehen.
- Es werden bis 10 % aller Anker mit einem ungenügenden ERM I Wert akzeptiert, sofern die Anker die Bedingungen der Widerstandsmessung ERM II erfüllen und gleichzeitig ein Ankerausfall aus statischen Gründen tolerierbar ist (Beurteilung durch Projektverfasser). Die 10 %-Regel wird folgendermassen festgelegt:

1-9 Anker: kein Ausfall toleriert

10-19 Anker: 1 Ausfall toleriert

20-29 Anker: 2 Ausfälle toleriert etc.

- Sind bei Einhaltung der 10 %-Regel beispielsweise aus statischen Gründen Ersatzanker notwendig, so werden die Kosten für die Ersatzanker von der Bauherrschaft übernommen. Sind keine Ersatzanker notwendig, so werden sämtliche Anker ausserhalb der 10 %-Regel mit ungenügendem ERM I Wert nicht vergütet.
- Sämtliche Anker, welche den geforderten Wert der ERM I Prüfung von 0,10 MΩ nach dem Ausinjizieren des Ankerkopfs nicht erreichen, sind einer ERM II Widerstandsmessung zu unterziehen.
- Die ERM II Widerstandsmessung ist mit einem Messgerät mit Messspannung ca. 40 V Wechselstrom (AC), Messbereich 0 bis > 200 kΩ (4-poliges Erdungs-Messgerät) durchzuführen.
- Für die Messung muss der Pluspol am Ankerkopf, der Minuspol an der Ankerplatte angeschlossen werden. Für den Anschluss des Minuspols ist die Feuerverzinkung oder die Duplex-Beschichtung der Ankerplatte lokal abzukratzen bis sie metallisch blank ist. Der Minuspol kann auch am metallisch blanken Flanschblech des äusseren Ankerstutzens
- oder an der Bewehrung des Bauwerks angeschlossen werden.
- Ein elektrischer Widerstand RII zwischen Ankerkopf und Auflagerplatte von mehr als 100 Ω zeigt, dass kein direkter Kontakt zwischen dem Ankerkopf und der Bewehrung des verankerten Bauwerks besteht. Dies ist als Minimalwert zum Bestehen der ERM II Widerstandsmessung definiert.
- Sämtliche Anker, welche sowohl die ERM I als auch die ERM II Prüfung nicht bestehen, sind gegen Versagen zu sichern oder zu entspannen. Diese Anker werden von der Bauherrschaft nicht vergütet. Allfällige Ersatzanker werden durch den Projektverfasser festgelegt.
- Während den Ankerarbeiten ist der elektrische Widerstand ERM I mit einem Messgerät mit Messspannung 500 V Gleichstrom (DC), Messbereich > 10 kΩ in den nachfolgenden Bauphasen zu messen und zu protokollieren:

vor Ankereinbau	Richtwert RI ≥ 200 MΩ
nach Ankereinbau	Richtwert RI ≥ 200 MΩ
nach Primärinjektion	Richtwert RI ≥ 100 MΩ
nach jeder Nachinjektion	Richtwert RI ≥ 100 MΩ
vor Spannprobe	Richtwert RI ≥ 100 MΩ
nach Spannprobe, Anker entspannt	Richtwert RI ≥ 100 MΩ
nach Spannen auf Festsetzkraft	Richtwert RI ≥ 50 MΩ
nach Ausinjizieren des Ankerkopfes	mindestens RI >0.10 MΩ
bei Messanker nach Anschluss der Messkabel an Messkasten	mindestens RI >0.10 MΩ

- Die Richtwerte sind projektspezifisch vom Projektverfasser zu prüfen.

### **Widerlagerwände, Flügelmauern und Stützkonstruktion in Beton**

Die Bauteile sind ohne Dilatation auszuführen und die horizontale Bewehrung ist auf zentrischen Zwang (Zug) zu bemessen. Die Anforderungen an das Rissbild sind insbesondere auf der sichtbaren Seite bauteilbezogen festzulegen.

Bei Mauerhöhen ≥ 2 m erfolgt eine Erhöhung der Arbeitsfuge Fundament/Wand um ≥ 10 cm mit Hilfe einer Kickerschalung.

Wandetappen sind im Pilgerschrittverfahren auszuführen.

## **Lunkern**

Lunkern bis zu einer Grösse einer 20 Rappen Münze werden akzeptiert. Grössere Lunkern müssen verschlossen werden. Dabei muss der Farbton des Lunkernverschlussmaterials an einer Musterfläche geprüft und von der Bauleitung freigegeben werden. Die Kosten gehen zu Lasten des Unternehmers.

## **Bewehrungs-, Distanz- und Montageeisen**

Die minimale Betonüberdeckung der Bewehrungs-, Distanz- und Montageeisen beträgt generell 55 mm.

Zur Wahrung der Bewehrungsüberdeckung sind ausschliesslich Betonklötze mit nicht rostendem Bindedraht zu verwenden. Bei Brückenplatten sind Montageeisen aus nicht rostendem Bewehrungsstahl (z. B. Top 12) und nicht rostende Bindedrähte (1.+ 2. Lage) zu verwenden.

## **Distanzhalter/Stützbügel**

Distanzhalter, Stützbügel und Montageeisen sind Bestandteile der Bewehrung. Sie sind auf das Gewicht der Bewehrung abzustimmen. Sie dürfen die Schalung nicht berühren und sind durch den Projektverfasser im Leistungsverzeichnis auszuschreiben.

## **Mindestbewehrung**

Im Allgemeinen sind die erhöhten Anforderungen gemäss Norm SIA 262 einzuhalten. Für verformungsbehinderte Bauteile im Spritzwasserbereich oder Bauteile, welche hohen Ansprüchen bezüglich Exposition, Wasserdichtigkeit, Ästhetik etc. genügen müssen, ist eine Mindestbewehrung für hohe Anforderungen zur Begrenzung der Rissbreiten erforderlich. I. d. R. kann in diesen Fällen jedoch die massgebende Bauteildicke auf 25 cm pro Bewehrungslage (beziehungsweise 50 cm total mitwirkender Betonstärke) begrenzt werden. Falls ein kleiner Stababstand gewählt wird (aus statischer Sicht vorteilhaft), muss dennoch eine einwandfreie Betonqualität des Überdeckungsbetons gewährleistet werden können.

## **Schalung**

Die grösste Abweichung zwischen benachbarten Schalungselementen von der Soll-Lage darf 3 mm nicht überschreiten. Geschlossene Wandschalungen und hohe Unterzugsschalungen müssen am Fusse jeder Betonieretappe Reinigungsöffnungen aufweisen. Alle vorspringenden Betonkanten sind durch Dreikantleisten zu brechen.

Schalungsdistanzhalter aus Holz und Metall dürfen nicht verwendet werden.

Bindelöcher sind bei Wandschalungen folgendermassen zu schliessen:

- Beim Unterbau die Vorderseite offenlassen, Hinterseite (erdseitig) mit Gummizapfen und Mörtel schliessen.
- Beim Überbau (z. B. Hohlkästen) dürfen die Bindelöcher beidseitig offen bleiben.
- Bei Betonleitmauern müssen die Bindelöcher wasserdicht ausgeführt werden.

Um Fröhschwindrisse möglichst zu vermeiden, dürfen Schalungen (auch Wände und weniger beanspruchte Bauteile) frühestens nach 72 Stunden entfernt werden. Anschliessend ist eine bauteilspezifische Nachbehandlung (5 bis 14 Tage) vorzusehen.

Bei durchgehender Bewehrung in Arbeitsfugen sind nur stabile, wieder entfernbare Abschaltungen (Holz oder gleichwertig) vorzusehen. Streckmetalle und im Bauteil verbleibende Abschalelemente sind nicht zulässig. Die Oberfläche des bestehenden Betons muss eine ausreichende Rauigkeit, Sauberkeit und Feuchtigkeit aufweisen.

Sämtliche Schalungsfugen sind mit Dichtungsbändern abzudichten.

### **Betonierarbeiten**

Beträgt die Temperatur weniger als +5° C, so darf nur im Einverständnis mit der Bauherrschafft betoniert werden. In diesen Fällen sind für die Betonherstellung und dessen Verarbeitung spezielle Massnahmen zu planen. Liegt die Lufttemperatur beim vorgesehenen Betonierzeitpunkt unter dem Gefrierpunkt (oder ist dies zu erwarten), darf i. d. R. nicht betoniert werden.

Die Betonoberflächen sind während mindestens 7 Tagen mit Plastikfolien und Isoliermatten abzudecken. Die Kompatibilität von aufgespritzten Curing-Mitteln mit der Abdichtung muss vorgängig nachgewiesen werden.

### **Entfernen Belag und Abdichtung bei Brücken**

Das Entfernen des Belags und der Abdichtung bis auf die Betonoberfläche muss sorgfältig und ohne grosse mechanische Einwirkungen erfolgen. Das Betongefüge an der Oberfläche darf nicht beschädigt werden. Bei tragenden Bauteilen müssen die statischen und dynamischen Aspekte berücksichtigt werden. Vorsicht ist bei Fräsarbeiten beim Einstellen der Frästiefe geboten. Diese ist durch die Bauleitung freizugeben.

### **Ultrahochfester Faserbeton (UHFB)**

UHFB ist nur in begründeten Ausnahmefällen einzusetzen. Es muss ein bedeutender Mehrwert/Nutzen resultieren. Falls UHFB eingesetzt wird, ist die Instandsetzung und der Rückbau des Materials zu betrachten und im technischen Bericht zu erläutern.

### **Schienenabnahme bei maschinellm Gussasphalteinbau**

Die Abnahme der Schienen beim Gussasphalteinbau durch die Bauleitung ist in das Angebot des Projektverfassers/Bauleitung einzurechnen.

### **Betonabtrag**

Der Betonabtrag hat grundsätzlich mit Höchstdruckwasserstrahl (HDW) zu erfolgen. Dabei sind die Arbeiten so auszuführen, dass keine Schädigung am verbleibenden Beton entsteht. In einem letzten Arbeitsgang sind mit HDW die losen Bestandteile zu entfernen (Maximum 800 bar).

Spannkabel dürfen nicht freigelegt werden.

Bewehrungen, welche mehr als  $\frac{2}{3}$  freigelegt sind, müssen vollständig freigelegt werden. Der Freiraum hinter dem Bewehrungsseisen soll mindestens 1 cm betragen.

### **Korrosionsschutz der Bewehrung nach Betonabtrag**

Ein Korrosionsschutz wird nur aufgebracht, wenn die effektive Bewehrungsüberdeckung nach der Reprofilierung weniger als 20 mm beträgt. Anforderungen an den Korrosionsschutz sind:

- Reinheitsgrad der Bewehrung: SA 2 ½
- Zementgebundenes Anstrichmaterial
- Kein Anstrichmaterial am umgebenden Beton
- Poren- und blasenfreie Applikation

### **Betoninstandsetzung**

Der Untergrund ist bis zur nahezu vollständigen Porensättigung zu wässern. Vor dem Einbringen des Mörtels oder des Betons sind allfällige Wasserlachen auszublasen. Die vorbereitete Oberfläche ist durch die Bauherrschafft (respektive deren Vertretung) abzunehmen. Es sind Haftzugprüfungen am Untergrund durchzuführen.

Der eingebaute Mörtel oder Beton muss zum Aufbringen der PBD-Abdichtung hitzebeständig sein und nach dem Abflammen eine mittlere Haftzugfestigkeit (nach 28 Tagen) von mindestens  $1,5 \text{ N/mm}^2$  (Minimalwert  $1,0 \text{ N/mm}^2$ ) auf den alten Beton aufweisen (Haftzug nach 7 Tagen  $> 80 \%$  der 28 Tagewerte).

Die reprofilierte Oberfläche ist während mindestens 7 Tagen mit Plastikfolien und Isoliermatten abzudecken. Die vom Produktehersteller vorgeschriebene Nachbehandlung ist einzuhalten. Spritzmittel (Curing) sind generell nicht zugelassen.

### **Spannsysteme**

Der Maximalabstand der Kabelhalter beträgt 1 m, bei starker Krümmung 0,80 m und mit zusätzlichen Halbschalen zum Schutz der Hüllrohre.

Kunststoffhüllrohre, welche auf Kabelrollen angeliefert werden, müssen auf Beschädigung (Risse) kontrolliert werden. Insbesondere bei grösseren Durchmessern sind je nach Kunststoffqualität und Temperaturbedingungen spezielle Massnahmen beim Handling (Auf- und abwickeln, betonieren) erforderlich.

Die Dichtigkeit der Hüllrohre muss vor dem Betonieren geprüft werden. Leer-Hüllrohre sind vor dem Betonieren wasserdicht zu verschliessen, zu kalibrieren und unmittelbar nach dem Betonieren mit Druckluft auszublasen und zu kalibrieren.

Die vollständige Verfüllung der Hüllrohre mit Injektionsmörtel muss überwacht und protokolliert werden.

Sämtliche Protokolle (Spannprotokolle, Injektionsprotokolle) sind der Bauleitung abzugeben.

Spannglieder mit Korrosionsschutzgrad Kategorie a sind nicht zugelassen.

Bei den Spanngliedern der Kategorie c wird der Spannstahl von einer chemisch beständigen, ausreichend diffusionsdichten und elektrisch isolierten Schutzhülle vollumfänglich umgeben. Deren Dichtigkeit und damit deren Korrosionsschutzwirkung kann mittels Impedanzmessung (elektrische Widerstandsmessung mit Wechselstrom) ermittelt werden.

Zeitpunkt der elektrischen Widerstandsmessungen:

- nach dem Spannen (empfohlen)
- nach dem Injizieren (obligatorisch)
- bei Abnahme, anschliessend
- gemäss Überwachungsplan (obligatorisch)

Beurteilung:

- $\rho < 100 \text{ k}\Omega\text{m}$ : ungenügend
- $\rho < 300 \text{ k}\Omega\text{m}$ : knapp genügend
- $\rho > 300 \text{ k}\Omega\text{m}$ : hohe elektr. Isolation

## **5. Projektphasen**

Die erforderlichen Ingenieurleistungen sind in der SIA Norm 103 für alle Projektphasen aufgelistet. Im Allgemeinen umfasst der Auftrag des Planers folgende Projektphasen:

- Projektierung (Studien, Vorprojekt, Bauprojekt, Bewilligungsverfahren/Auflageprojekt)
- Ausschreibung (Ausschreibung, Offertvergleich, Vergabeantrag)
- Realisierung (Ausführungsprojekt, Ausführung, Inbetriebnahme, Abschluss)